پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۳۹۸، صفحهٔ ۱۸۱-۱۷۱
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 171-181 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.65544

بررسی اثر کاربرد سطوح نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط نخودفرنگی (*Pisum sativum*) و کاهو (*Lactuca sativa*)

الهام رفتاری[1*]، علی نخزری مقدم[2]، مهدی ملاشاهی[2] و حسین حسینی‌مقدم[2]
۱- کارشناس‌ارشد کشاورزی اکولوژیک، گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه گنبد
۲- اعضای هیئت علمی (استادیار) گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه گنبد
(به‌ترتیب a_nakhzari@yahoo.com، m_mollashahi@yahoo.com و hhm548@ yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد سطوح نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. عامل‌های مورد بررسی شامل نیتروژن خالص در سه سطح: صفر، ۲۵ و ۵۰کیلوگرم در هکتار و الگوی کاشت در نُه سطح: کشت خالص نخودفرنگی، کشت مخلوط جایگزین ۳۳، ۵۰ و ۶۷درصد کاهو، کشت مخلوط افزایش ۳۳، ۵۰، ۶۷ و ۱۰۰درصد کاهو و کشت خالص کاهو بود. الگوی کاشت و نیتروژن اثر معنی‌داری بر ارتفاع، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد بوته، وزن غلاف در بوته، درصد پروتئین، درصد کربوهیدرات محلول دانه و عملکرد کل داشت. ارتفاع بوته در تیمارهای افزایشی بیش از جایگزین و کشت خالص نخودفرنگی بود، اما تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و وزن غلاف در بوته در تیمارهای جایگزین و خالص بیشتر از افزایشی بود. بین دو تیمار مصرف ۲۵ و ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مورد اکثر صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. درصد پروتئین در تیمار کشت خالص نخودفرنگی و تیمار جایگزین ۳۳درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی بیش از سایر تیمارها بود. درصد کربوهیدرات محلول در تیمار مخلوط جایگزین ۶۷درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی و افزایش ۶۷ و ۱۰۰درصد کاهو به نخودفرنگی بیش از سایر تیمارها بود. به‌هر حال، عملکرد بوته نخودفرنگی در تیمار جایگزین ۶۷درصد کاهو و ۳۳درصد نخودفرنگی و همچنین ۵۰درصد کاهو و ۵۰درصد نخودفرنگی به‌ترتیب با ۳۰/۲۵ و ۲۷/۴۴گرم بیش از تیمارهای دیگر بود. در کلیه تیمارها و به‌خصوص تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، افزایش عملکرد نسبت به کشت خالص نخودفرنگی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: درصد پروتئین، غلاف، کربوهیدرات محلول، کشت جایگزین

مقدمه

در سال‌های اخیر مشکلات کشاورزی تک‌کشتی از جمله آلودگی آب و خاک و همچنین کاهش توان تولید زمین‌های زراعی، توجه محققان را بیش از پیش به حفظ ثبات و باروری نظام‌های تولید کشاورزی معطوف کرده است (Bedoussac & Justes, 2010). یکی از روش‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید در بوم‌نظام‌های کشاورزی استفاده از کشت مخلوط است. کشت مخلوط به‌عنوان یکی از شیوه‌های زراعی هم‌راستا با اهداف اکولوژیک (Raei *et al.*, 2011)، افزایش کارآیی مصرف منابع (Mushagalusa *et al.*, 2008) و پایداری عملکرد (Darbaghshahi *et al.*, 2012) را به‌همراه دارد. این شیوه یکی از نظام‌های کشاورزی پایدار است که در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه اجرا می‌شود (Maffei *et al.*, 2003). علاوه بر این، کشت مخلوط به‌عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز را دنبال می‌کند. کاهش وابستگی کشاورزان به آفت‌کش‌ها به شرط حفظ کیفیت محصول و بازارپسندی آن، یکی از اهداف اصلی کشت مخلوط در کشاورزی پایدار است (Fernandez Aparicio *et al.*, 2007).

کشت مخلوط گیاهان تیره لگومینوز با گیاهان دیگر علاوه بر استفاده بهینه از زمین، موجب حاصلخیزی خاک می‌شود. در این سیستم کاشت، نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله لگوم‌ها به گیاهان همراه آن‌ها منتقل می‌شود و می‌توانند به پایداری عملکرد در کشاورزی کم نهاده کمک کند (Banik *et al.*,

*نویسنده مسئول: raftarielham70@yahoo.com

2006). در بررسی Najafi & Keshtehgar (2014) کشت مخلوط حبوبات با گیاهان غیرحبوبات علاوه بر استفاده صحیح و بهینه و عادلانه از منابع مثل زمین و نیروی کار، باعث افزایش بهره‌وری در واحد سطح و تقویت بهره‌وری کل در واحد سطح و زمان شد. در پژوهشی کشت مخلوط گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) تأثیر مثبتی بر عملکرد بیولوژیک آن‌ها و درصد نیتروژن زیست‌توده گیاه گشنیز داشت (Bigonah *et al*., 2014). نتایج بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزین سویا (*Glycine max* L.) و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) نشان داد که کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه سویا داشت (Ahmadvand & Hajinia, 2015). تعداد دانه و غلاف در بوته، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته سویا تحت تأثیر کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) قرار گرفت (Alizadeh *et al*., 2010). در بررسی Yildirim & Turan (2013) سیستم کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی بر وزن بوته تأثیر گذاشت. نتایج بررسی کشت مخلوط کاهو و سیر نشان داد که میانگین عملکرد کاهو در کشت مخلوط دو ردیف سیر با ۲۰سانتی‌متر فاصله بین ۵۰سانتی‌متر ردیف کاهو بیشتر از کشت خالص بود (Amoli, 2012).

کمبود نیتروژن یکی از معمول‌ترین مشکلات تغذیه‌ای در گیاهان است. مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است. مقدار آن در مراحل اولیه کم و سپس با رشد گیاه افزایش می‌یابد، به‌طوری که در زمان گل‌دهی تا میوه‌دهی به حداکثر خود می‌رسد (Koocheki & Soltani, 1998). با کاربرد اوره به‌میزان ۳۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار در چهار مرحله مختلف از گلدهی تا پایان غلاف‌بندی نخود، میزان پروتئین دانه نخود افزایش یافت (Palta *et al*., 2005).

با توجه به اطلاعات اندک در زمینه کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو در منطقه گنبد کاووس با وجود عدم نیاز این دو گیاه به آبیاری و برداشت زودتر آن‌ها و تخلیه زودتر زمین برای کشت بعدی، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر کود نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط این دو گیاه بر عملکرد دو گیاه، نسبت برابری زمین و برخی صفات کمی و کیفی نخودفرنگی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. طول جغرافیایی محل آزمایش ۵۵ درجه و ۱۱دقیقه شرقی و عرض آن ۳۷درجه و ۱۵دقیقه شمالی است. ارتفاع از سطح دریا ۴۶متر و براساس تقسیم‌بندی آب و هوایی کوپن، دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه‌خشک است.

برای تعیین مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه، قبل از کاشت از عمق ۳۰-۰سانتی‌متری چند نمونه خاک تهیه و مخلوط شد و در نهایت یک نمونه به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه دانشگاه گنبد کاووس در محدوده آزمایش

Table 1. Soil characteristics of Gonbad Kavous University farm in the range of test

بافت خاک Soil texture	ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH -	پتاسیم K (mg/kg)	فسفر P (mg/k)	نیتروژن N (%)	عمق نمونه‌برداری Depth sample (cm)
سیلتی لومی Silt-loam	0.78	0.77	7.94	409	11	0.08	0-30

عامل نیتروژن در سه سطح شامل عدم مصرف و مصرف ۲۵ و ۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره ۴۶درصد و الگوی کاشت در نه سطح شامل کشت خالص نخودفرنگی، کشت مخلوط جایگزین ۶۷درصد نخودفرنگی و ۳۳درصد کاهو، ۵۰درصد نخودفرنگی و۵۰درصد کاهو، ۳۳درصد نخودفرنگی و ۶۷درصد کاهو، کشت مخلوط افزایشی۱۰۰درصد نخودفرنگی و ۳۳درصد کاهو، ۱۰۰درصد نخودفرنگی و ۵۰درصد کاهو، ۱۰۰درصد نخودفرنگی و ۶۷درصد کاهو، ۱۰۰درصد نخودفرنگی و ۱۰۰درصد کاهو و کشت خالص کاهو بود.

در این بررسی، از کاهوی سفید فرانسوی و رقم آسگرو نخودفرنگی استفاده شد. نظر به این‌که زمین آزمایش در سال قبل زیرکشت گندم بود، بقایای گیاهان با عملیات شخم در خاک مدفون شد. پس از شخم، زمین دیسک زده شد و آماده

کاشت گردید. تعداد ردیف‌های کاشت در کشت خالص چهار خط، کشت مخلوط جایگزین ۵۰درصد چهار خط به‌صورت کاهو-نخودفرنگی-کاهو- نخودفرنگی، در کشت مخلوط جایگزین ۶۷درصد نخودفرنگی و ۳۳درصد کاهو و ۳۳درصد نخودفرنگی و ۶۷درصد کاهو شامل ۵ خط به‌صورت کاهو- نخودفرنگی- نخودفرنگی– کاهو - نخودفرنگی و نخودفرنگی- کاهو- کاهو- نخودفرنگی- کاهو و در کشت مخلوط افزایشی شامل هشت خط و به‌صورت یک در میان به فاصله ۱۵سانتی‌متر از هم بود. طول ردیف‌ها سه متر بود. در زمان کاشت ۱۰۰کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار مصرف گردید. بذر نخودفرنگی آمریکایی و کاهوی فرانسوی (بسته‌بندی شده) از گنبد تهیه شد. کشت هر دو گیاه (نشای کاهو (۳ برگی) و بذر نخودفرنگی) در اواخر آذرماه۱۳۹۳ انجام شد. کود نیتروژن خالص با توجه به میزان تعیین‌شده در تیمارها به‌صورت پایه و سرک (هر یک ۵۰درصد) مصرف شد. کود سرک در زمان پرشدن دانه همزمان با کاهش تثبیت نیتروژن (اواخر فروردین ماه ۱۳۹۴) مصرف شد. در کشت خالص، فاصله بوته روی ردیف برای کاهو ۲۰سانتی‌متر و برای نخودفرنگی۱۰سانتی‌متر درنظرگرفته شد. به این ترتیب تراکم کاهو ۱۶/۶۷ و نخودفرنگی ۳۳/۳۳بوته در مترمربع (Biabani, 2008) بود. کشت کاهو به‌صورت نشائی انجام شد. بذور نخودفرنگی در عمق سه سانتی‌متر بر روی ردیف‌ها کشت شدند. در هر کپه دو بذر کاشته شد که در مرحله ۴-۳برگی بوته‌های اضافی نخودفرنگی حذف و در هر کپه یک بوته باقی ماند. در طول دوره رشد زمین آبیاری نشد، اما با علف‌های‌هرز در طول دوره رشد مبارزه شد. برداشت غلاف سبز نخودفرنگی پس از پرشدن دانه و رنگ سبز پررنگ و قابل‌عرضه به بازار با حذف ردیف‌های حاشیه و نیم‌متر از دو طرف ردیف‌های وسط انجام شد. برای تعیین صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد بوته، وزن غلاف در بوته، پروتئین و کربوهیدرات، تعداد پنج بوته انتخاب و اندازه‌گیری‌های لازم انجام شد. برای تعیین وزن خشک بوته، نمونه‌ها خرد و در دمای ۷۰درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت (حدود ۴۸ساعت) در داخل اون الکتریکی قرار داده شدند. برای تعیین کیفیت، ابتدا دانه‌های خشک‌شده آسیاب و به‌صورت پودر درآمدند و سپس مقدار ۱گرم از هر کرت انتخاب و درصد پروتئین دانه با استفاده از دستگاه‌های هضم مدل۱۰۱۵، تقطیر کجلدال و دستگاه تیتراسیون مدل۱۰۳۰ (شرکت Tecator کشور سوئد) تعیین گردید که برای این کار از روش (2003) AOAC استفاده شد. اندازه گیری کربوهیدرات کل براساس روش هچ و هوفریتر انجام شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Ver. 9.1 SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج‌درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد نخودفرنگی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دارشدن اثر کشت مخلوط بر کلیه صفات مورد بررسی به جز درصد پروتئین دانه در سطح یک‌درصد بود. تأثیر نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه در سطح پنج‌درصد و بر بقیه صفات در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل در مورد هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نشد (جدول۲).

با افزایش مصرف نیتروژن ارتفاع بوته نخودفرنگی افزایش یافت (جدول۳). دلیل این امر را می‌توان به تأثیر نیتروژن بر تعداد و طول میان‌گره، تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و رقابت بین ساقه‌ها دانست که احتمالاً منجر به افزایش ارتفاع ساقه شد. Ali *et al*, (2003) نیز با بررسی تأثیر نیتروژن بر گندم (*Triticum aestivum*) افزایش ارتفاع ساقه را در اثر مصرف نیتروژن گزارش کردند.

بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایش ۱۰۰درصد کاهو به نخودفرنگی با ۸۹/۷۲سانتی‌متر بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای دیگر کشت مخلوط افزایشی و تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی نداشت (جدول۴). افزایش رقابت برون‌گونه‌ای برای جذب نور به‌خصوص در تیمارهای افزایشی را می‌توان عامل اصلی افزایش ارتفاع بوته نخودفرنگی در این تیمارها دانست، زیرا با افزایش جمعیت گیاهی، رقابت برای جذب نور به‌علت کاهش نور دریافتی توسط هر بوته افزایش می‌یابد. پایین‌بودن ارتفاع بوته در تیمارهای کشت خالص نخودفرنگی و کشت مخلوط جایگزین بادرصد بالای نخودفرنگی را می‌توان به کاهش رقابت بین بوته‌ها نسبت داد. با توجه به رشد مستقیم کاهو، به نظر می‌رسد فضای بیشتری برای نخودفرنگی در کشت مخلوط جایگزین با ردیف کم نخودفرنگی فراهم شد، لذا ارتفاع بوته نسبت به کشت خالص نخودفرنگی افزایش یافت. در بررسی Ahlawat & Gangaiah (2010) نخود زراعی در مخلوط با کتان به‌خاطر رقابت برای جذب نور ارتفاع بیشتری نسبت به کشت خالص داشت.

تعداد غلاف در بوته در تیمار مصرف ۵۰ و ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش از تیمار عدم مصرف نیتروژن بود. حداقل تعداد غلاف در بوته هم به تیمار عدم مصرف کود

نیتروژن مربوط بود (جدول ۳). افـزایش تعـداد غـلاف در بوتـه همراه با افزایش سطح نیتـروژن را مـی‌تـوان احتمـالاً بـه تـأثیر مثبت آن در لقـاح و تشـکیل دانـه در غـلاف بـه‌دلیـل افـزایش فتوسنتز و انتقال بهتر مواد غذایی به غلاف نسبت داد. فراهمـی سطوح متعادل نیتروژن احتمالاً سبب افـزایش توسـعه کـانوپی شده و در نتیجه انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه شـده کـه این امر منجر به افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در گیاه شده است. Ramroodi *et al.* (2008) نیز نتایج مشـابهی را از تأثیر نیتـروژن بـر عـدس (*Lens culinaris* L.) گـزارش کردند.

تعـداد غـلاف در بوتـه در تیمارهـای ۶۷، ۵۰ و ۳۳درصـد کاهو به‌جای نخودفرنگی بیش از تیمارهای دیگر بـود. در واقـع، مطلوب‌بودن شرایط برای رشد نخودفرنگی با توجه به نوع رشـد کاهو و کاهش تعداد ردیف نخودفرنگی را می‌توان عامـل اصـلی افزایش تعداد غلاف در بوته نخودفرنگی احتمالاً به‌علـت رقابـت کم بین بوته‌ها دانست (جدول۴). در تیمارهای کشـت مخلـوط افزایشی، تعداد غلاف در بوته کم‌تر از تیمارهای کشـت مخلـوط جایگزین بود. در این تیمارها، افزایش تراکم، رقابت بین بوته‌هـا را بیشتر کرد لذا، تعداد غلاف در بوته نخودفرنگی کاهش یافت.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کمی و کیفی نخودفرنگی تحت تأثیر الگوی کاشت و نیتروژن

Table 2. Analysis of variance (mean squares) of some quality and quantity traits of pea under planting pattern and nitrogen

منابع تغییر **S.O.V.**	درجه آزادی **df**	ارتفاع بوته **Plant eight**	تعداد غلاف در بوته **Number of Pods per plant**	تعداد دانه در غلاف **Number of Seeds per pods**	تعداد دانه در بوته **Number of seeds per plant**	وزن۱۰۰دانه **100-seed weight**	عملکرد بوته **Plant yield**	وزن غلاف در بوته **Pod weight per plant**	درصد پروتئین **Protein percent**	کربوهیدرات محلول **Soluble carbohydrates**	عملکرد **Yield**
تکرار Replication	2	7.152^{ns}	1.062^{ns}	0.019^{ns}	17.20^{ns}	0.133^{ns}	0.264^{ns}	0.833^{ns}	0.093^{ns}	14.04^{ns}	50666441
کشت مخلوط Intercropping (I)	7	57.21**	21.09**	0.770**	849.8**	38.64**	268.4**	597.7**	4.415*	82.56**	215657562**
نیتروژن Nitrogen (N)	2	133.5**	15.37**	0.597*	606.3**	53.43*	255.9**	540.4**	19.27**	129.4**	421899496**
کشت مخلوط × نیتروژن (I × N)	14	0.782^{ns}	1.503^{ns}	0.034^{ns}	28.91^{ns}	1.751^{ns}	9.852^{ns}	21.83^{ns}	0.211^{ns}	18.88^{ns}	4613909^{ns}
خطا Error	46	15.76	2.252	0.169	60.54	11.3	13.63	28.82	1.495	22.99	24429175
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	4.60	16.79	8.97	18.79	6.26	16.75	16.56	5.63	7.41	11.89

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

ns, * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کیفی نخودفرنگی تحت تأثیر مصرف نیتروژن

Table 3. Mean comparison of some quality and quantity traits of pea under nitrogen consumption

صفات **Traits** / نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) **Nitrogen (kg.ha^{-1})**	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) **plant height (cm)**	تعداد غلاف در بوته **Number of pods per plant**	تعداد دانه در غلاف **Number of seeds per pods**	تعداد دانه در بوته **Number of seeds per plant**	وزن۱۰۰دانه **100 seed weight (g)**	عملکرد غلاف بوته (گرم) **Plant pod yield (g)**	وزن غلاف در بوته (گرم) **Pod weight per plant(g)**	درصد پروتئین **Protein percent**	درصد کربوهیدرات محلول **Percent soluble carbohydrates**	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) **Total yield (kg. ha^{-1})**
0	83.65^{b}	8.12^{b}	4.42^{b}	36.29^{c}	52.04^{b}	18.80^{c}	27.67^{c}	20.73^{b}	64.8^{ab}	37432^{c}
25	86.73^{a}	8.96^{a}	4.59^{ab}	41.53^{b}	53.98^{ab}	22.01^{b}	32.40^{b}	21.93^{a}	66.95^{a}	41935^{b}
50	88.28^{a}	9.72^{a}	4.74^{a}	46.34^{a}	54.98^{a}	25.33^{a}	37.16^{a}	22.48^{a}	62.31^{b}	45311^{a}
LSD (%5)	2.30	0.87	0.23	4.52	1.95	2.15	3.12	0.71	2.79	2699

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمونLSD می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$ based on LSD.

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کیفی نخودفرنگی و نسبت برابری زمین تحت تأثیر الگوی کاشت

Table 4. Mean comparison of some quality and quantity traits of pea and land equivalent ratio under planting pattern

صفات Traits / نسبت کاشت Planting pattern	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pods	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight (g)	عملکرد بوته (گرم) Plant yield (g)	وزن غلاف در بوته (گرم) Pod weight per plant (g)	درصد پروتئین Protein percent	درصد کربوهیدرات محلول Percent soluble carbohydrates	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total yield (kg ha^{-1})	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio		
											نخودفرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total
کشت خالص نخودفرنگی Sole cropping of pea	82.48^{c}	9.52^{b}	4.60^{bcd}	44.13^{bc}	53.18^{ab}	23.79^{cd}	35.18^{bc}	22.94^{a}	60.83^{d}	11759^{e}	-	-	-
کشت مخلوط جایگزین ۳۳درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی 33% lettuce instead of pea	83.55^{bc}	9.86^{ab}	4.87^{ab}	48.37^{b}	54.65^{ab}	24.50^{bc}	36.45^{b}	22.56^{ab}	62.96^{d}	33224^{d}	0.69	1.08	1.08
کشت مخلوط جایگزین ۵۰درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی 50% lettuce instead of pea	84.21^{bc}	10.10^{a}	4.75^{abc}	47.87^{b}	55.67^{a}	27.44^{ab}	40.10^{ab}	21.7^{bc}	61.99^{d}	41063^{c}	0.57	1.11	1.11
کشت مخلوط جایگزین ۶۷درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی 67% lettuce instead of pea	87.03^{ab}	11.16^{a}	5.07^{a}	56.92^{a}	56.19^{a}	30.25^{a}	44.57^{a}	21.17^{c}	68.49^{a}	48048^{b}	0.42	1.1	1.1
کشت مخلوط افزایش ۳۳درصد کاهو به نخودفرنگی 100% pea + 33&% lettuce	87.12^{ab}	9.01^{bc}	4.41^{cd}	39.76^{cd}	54.47^{ab}	20.91^{de}	30.85^{cd}	21.69^{bc}	63.39^{cd}	32054^{d}	0.88	1.23	1.23
کشت مخلوط افزایش ۵۰درصد کاهو به نخودفرنگی 100% pea + 50% lettuce	87.28^{ab}	7.76^{cd}	4.45^{cd}	34.38^{de}	53.55^{ab}	18.73^{ef}	27.22^{de}	21.56^{bc}	63.83^{bcd}	38654^{c}	0.77	1.24	1.24
کشت مخلوط افزایش ۶۷درصد کاهو به نخودفرنگی 100% pea + 67% lettuce	88.35^{a}	7.35^{d}	4.24^{d}	30.96^{e}	51.63^{bc}	16.42^{gh}	24.01^{ef}	21.1^{c}	68.1^{ab}	46198^{b}	0.68	1.29	1.29
کشت مخلوط افزایش ۱۰۰درصد کاهو به نخودفرنگی 100% pea + 100% lettuce	89.72^{a}	6.70^{d}	4.28^{d}	28.70^{e}	49.97^{c}	14.34^{g}	20.87^{f}	20.99^{c}	67.93^{abc}	61565^{a}	0.59	1.48	1.48
کشت خالص کاهو Sole cropping lettuce	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61473^{a}	-	-	-
LSD(%5)	3.76	1.42	0.39	7.38	3.19	3.50	5.09	1.16	4.55	4675			

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$ based on LSD.

در بررسی Zarifpour *et al*, (2014) بیشترین تعداد غلاف در بوته نخود زراعی مربوط به تیمار ۸۰درصد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و ۲۰درصد نخود بود که این افزایش به کاهش رقابت درون‌گونه‌ای نخود و افزایش نور در کانوپی نسبت داده شد.

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف با ۴/۷۴ مربوط به تیمار مصرف ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با تیمار مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۴/۵۹ تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین تعداد دانه در غلاف از تیمار عدم مصرف نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۳).

تعداد دانه در غلاف در تیمارهای جایگزین بیش از تیمارهای افزایشی و کشت خالص نخودفرنگی بود (جدول۴). به‌نظر می‌رسد افزایش رقابت بین بوته‌های نخودفرنگی و کاهو در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف در این تیمارها شد. در واقع، افزایش تراکم در این تیمارها با وجود ثابت‌بودن تعداد بوته نخودفرنگی در واحد سطح باعث افزایش رقابت شد، درحالی‌که در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین به‌خصوص ۳۳درصد نخودفرنگی و ۶۷درصد کاهو فرصت کافی برای رشد بهتر بوته‌های نخودفرنگی با توجه به رشد عمودی کاهو فراهم شد. بیشترین تعداد دانه در غلاف با ۵/۰۷ در این تیمار مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دو تیمار دیگر کشت مخلوط جایگزین نداشت. در بررسی Gill *et al*, (2009) تعداد دانه در گندم در کشت مخلوط با نخود ۶۳۵عدد بود که نسبت به کشت خالص ۴۰۵عدد بیشتر بود. دلیل افزایش تعداد دانه، گسترش ریشه‌ها و استفاده از حجم بیشتری از خاک به‌خصوص مواد غذایی همچون فسفر گزارش شد.

تعداد دانه در بوته متأثر از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف است. افزایش این دو صفت در تیمار مصرف ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث شد بیشترین تعداد دانه در بوته با ۴۶/۳۴ مربوط به این تیمار باشد. کمترین تعداد دانه در بوته با ۳۶/۲۹ مربوط به تیمار عدم مصرف نیتروژن بود (جدول۳).

بالابودن تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳درصد نخودفرنگی و ۶۷درصد کاهو نیز باعث افزایش تعداد دانه در بوته در این تیمار شد، به‌طوری‌که حداکثر تعداد دانه در بوته در این تیمار با ۵۶/۹۲ مشاهده شد (جدول ۴). تیمارهای دیگر کشت مخلوط جایگزین هم تعداد دانه در بوته بیشتری نسبت به تیمارهای کشت مخلوط افزایشی داشتند. در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف باعث کاهش تعداد دانه در بوته شد. کاهش تراکم نخودفرنگی در واحد سطح در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین به‌دلیل کاهش حضور گیاه همنوع در ردیف‌های مجاور و همچنین نوع رشد گیاه مجاور (مستقیم) که فضای بیشتری در اختیار نخودفرنگی قرار داد، میزان رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌ها را کاهش داد و این امر منجر به افزایش این صفت شد. (2015) Ahmadvand & Hajinia با بررسی الگوهای کشت مخلوط جایگزین سویا و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) بیشترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته را در نسبت‌های برابر سویا و ارزن (۵۰:۵۰) گزارش کردند. در بررسی Alizadeh *et al*, (2010) لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) در کشت مخلوط، از کشت خالص تعداد دانه در بوته بیشتری تولید کرد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن۱۰۰دانه نخودفرنگی داشت. حداکثر وزن۱۰۰دانه نخودفرنگی با ۵۴/۹۸گرم به تیمار مصرف ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعلق داشت که این تیمار تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار با وزن۱۰۰دانه ۵۳/۹۸گرم نداشت و حداقل وزن۱۰۰دانه نخودفرنگی با ۵۲/۰۴گرم به تیمار عدم مصرف نیتروژن تعلق داشت (جدول ۳). Yazdi-Samadi *et al*, (2001) با بررسی تأثیر نیتروژن بر عدس بیان کردند که حداکثر وزن۱۰۰۰دانه عدس با مصرف ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطوح صفر و ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین وزن۱۰۰دانه به تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی با ۵۶/۱۹گرم تعلق داشت که با تیمارهای دیگر کشت مخلوط جایگزین و کشت خالص نخودفرنگی و کشت مخلوط افزایش ۳۳ و ۵۰درصد کاهو به نخودفرنگی اختلاف معنی‌داری نداشت. افزایش تراکم در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی که طبعاً دریافت نور توسط هر بوته نخودفرنگی را کاهش داد، شرایط را برای پرشدن دانه نامناسب کرد و به این ترتیب وزن دانه کاهش یافت. کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در کشت مخلوط با لوبیاقرمز (*Phaseolus calcaratus*) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) سبب بهبود رشد رویشی شد و در نتیجه تولید و تجمع مواد فتوسنتزی آفتابگردان در شرایط مخلوط ردیفی افزایش یافت که این امر منجر به بهبود وزن۱۰۰۰دانه شد (Koocheki *et al*., 2016).

عملکرد بوته در تیمار ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر بود. حداقل عملکرد بوته هم به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن مربوط بود (جدول ۳). درواقع در شرایط سطح متعادل کود نیتروژن گیاه با رشد رویشی مناسبی وارد مرحله زایشی می‌شود که این امر موجب حمایت مناسب اندام‌های زایشی، خصوصاً غلاف‌های در حال پرشدن می‌شود و به‌دنبال آن وزن دانه افزایش می‌یابد.

عملکرد بوته در تیمارهای جایگزین بیش از افزایشی بود. زیادبودن تعداد دانه در بوته در تیمارهای جایگزین باعث افزایش عملکرد بوته شد (جدول ۴). حداکثر عملکرد بوته به تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی با ۳۰/۲۵گرم تعلق داشت که با تیمار کشت مخلوط جایگزین ۵۰درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی با ۲۷/۴۴گرم اختلاف معنی‌داری نداشت. با کاهش نسبت نخودفرنگی در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین نسبت به کشت خالص، رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌ها کاهش یافت و این امر منجر به افزایش این صفت شد. در بررسی (2015) Ahmadvand & Hajinia تعداد غلاف در بوته سویا در تیمار کشت مخلوط بیش از کشت خالص بود.

وزن غلاف در بوته متأثر از تعداد غلاف در بوته و وزن یک غلاف است. مقایسه میانگین نشان داد که وزن غلاف در بوته در تیمار ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر (۳۷/۱۶گرم) بود. حداقل وزن غلاف در بوته (۲۷/۶۷گرم) به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن مربوط بود (جدول ۳). افزایش مقدار مصرف نیتروژن سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شد که در کل سبب افزایش وزن غلاف در بوته شد. Panbekar *et al*, (2014) گزارش کردند که مصرف نیتروژن بر وزن غلاف در بوته در باقلا (*Vicia faba* L.) اثر معنی‌داری داشت و بیشترین وزن غلاف در بوته با ۱۴۰/۳گرم از تیمار ۱۰۰درصد مصرف نیتروژن حاصل شد.

زیادبودن تعداد غلاف در بوته در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین باعث افزایش وزن غلاف در بوته شد (جدول ۴). حداکثر وزن غلاف در بوته به تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی با ۴۴/۵۷گرم تعلق داشت که

با تیمار کشت مخلوط جایگزین ۵۰درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی (۴۰/۱۰) اختلاف معنی‌داری نداشت.

افزایش مصرف نیتروژن درصد پروتئین دانه را افزایش داد به‌طوری‌که حداکثر پروتئین دانه (۲۲/۴۸درصد) با مصرف ۵۰کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به‌دست آمد که با تیمار مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. کودهای نیتروژنی، احتمالاً مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه ودرصد پروتئین شده است. Achakzai & Bangulzai (2006) با بررسی نخودفرنگی گزارش کردند که افزایش نیتروژن باعث افزایش‌درصد پروتئین دانه گردید. افزایش مصرف نیتروژن درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب را کاهش داد، به‌طوری که درصد کربوهیدرات محلول دانه سبز در تیمار مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با ۶۵/۹۵درصد حداکثر بود که با تیمار عدم مصرف نیتروژن اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). با افزایش میزان نیتروژن در دسترس گیاه سطح برگ، تعداد کلروپلاست، سرعت فتوسنتز و سرعت رشد افزایش پیدا می‌کند و منجر به افزایش ذخایر کربوهیدراتی در گیاه می‌شود. زمانی‌که ذخایر کربوهیدرات گیاه به حداکثر میزان خود رسیدند، افزایش بیشتر نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب نمی‌گذارد (Sarmadnia & Koocheki, 2013).

بیشترین درصد پروتئین دانه سبز متعلق به تیمار کشت خالص نخودفرنگی با ۲۲/۹۴ بود که با تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷درصد نخودفرنگی + ۳۳درصد کاهو تفاوت معنی‌داری نداشت. بالابودن درصد پروتئین در تیمار کشت خالص مربوط به تثبیت نیتروژن بیشتر توسط نخودفرنگی باشد. Nazari *et al*, (2014) علت کاهش پروتئین در تیمار کشت خالص ذرت را فقدان یک گیاه لگوم که سبب افزایش نیتروژن خاک می‌گردد می‌دانستند. Eskandari & Ghanbari (2009) نیز در این رابطه گزارش دادند که در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis*)، کمترین پروتئین خام مربوط به تیمار کشت خالص ذرت و بالاترین عملکرد پروتئین در تیمارهای کشت مخلوط بود. بیشترین کربوهیدرات محلول دانه سبز متعلق به کشت مخلوط جایگزین ۳۳درصد نخودفرنگی + ۶۷درصد کاهو و کشت خالص نخودفرنگی به‌ترتیب با ۶۸/۴۹ و ۶۰/۸۳درصد بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط ۱۰۰درصد نخودفرنگی + ۶۷درصد کاهو و تیمار کشت مخلوط ۱۰۰درصد نخودفرنگی + ۱۰۰درصد کاهو نداشت (جدول ۴).

بیشترین و کمترین عملکرد از تیمارهای مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به‌ترتیب با ۴۵۳۱۱ و ۳۷۴۳۲ تن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). با وجود این‌که نخودفرنگی یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن اتمسفر است، نیتروژن تأثیر زیادی بر عملکرد داشت. مقدار هر سطح نیتروژن مصرفی برای نُه تیمار الگوی کاشت بود، از جمله کشت خالص کاهو و کشت‌های مخلوط افزایشی. این امر باعث شد نیاز این تیمارها به نیتروژن زیاد باشد، لذا تثبیت نیتروژن به تنهایی برای تولید بالا مناسب نبود. این امر بیان‌گر عدم تأمین نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیک است. تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر وزن خشک علوفه ذرت با بررسی مقادیر صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به عدم مصرف کود گزارش شده است (Baser Kouchebagh *et al.*, 2012).

مقایسه عملکرد در تیمارهای الگوی کاشت نشان داد که حداکثر عملکرد کل به تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰درصد نخودفرنگی + ۱۰۰درصد کاهو و تیمار کشت خالص کاهو به‌ترتیب با ۶۱۵۶۵ و ۶۱۴۷۳کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول ۴). از دلایل بالابودن عملکرد در این تیمارها نسبت به کشت خالص، تراکم بالای نخودفرنگی و کاهو بود. در تیمار کشت خالص نخودفرنگی عملکرد ۱۱۷۵۹کیلوگرم در هکتار بود که کمتر از سایر تیمارها بود. سیستم ریشه‌ای و آرایش فضایی متفاوت گیاهان در کشت مخلوط منجر به افزایش استفاده از منابع قابل دسترس گردید. برخی محققان با بررسی کشت مخلوط جو و باقلا افزایش عملکرد در کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی گزارش کردند (Agegnehu *et al.*, 2006). با بررسی تیمارهای کشت مخلوط افزایش ۲۵، ۵۰ و ۷۵درصد تراکم مطلوب لوبیا به ذرت (*Zea mays* L.)، با افزایش تراکم لوبیا از ۲۵ به ۷۵درصد، عملکرد کل افزایش یافت. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد هم افزایش یافت (Morgado & Willey, 2006).

نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بیش از تیمارهای کشت مخلوط جایگزین و خالص بود. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار ۱۰۰درصد نخودفرنگی + ۱۰۰درصد کاهو با ۱/۴۸ بود (جدول۴). حداکثر نسبت برابری زمین نخودفرنگی متعلق به تیمار ۱۰۰درصد نخودفرنگی + ۳۳درصد کاهو با ۰/۸۸ و حداکثر نسبت برابری زمین کاهو متعلق به تیمار۱۰۰درصد نخودفرنگی + ۱۰۰درصد کاهو با ۰/۸۹ بود. این امر احتمالاً به‌دلیل برداشت سبز دو گیاه اتفاق افتاد، زیرا با وجود رقابت زیاد بین بوته‌ها به‌دلیل تراکم بالا، باز هم در تیمارهای افزایشی عملکرد بیشتری تولید شد. بنابراین،

از نظر نسبت برابری زمین، کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو مناسب بود. در بررسی Hosseini *et al*, (2003) بالاترین مقدار LER را با ۱/۳۷ از تیمار کشت مخلوط ۵۰درصد ارزن و ۵۰درصد لوبیا چشم‌بلبلی و مصرف ۲۰۰کیلوگرم اوره گزارش کردند. در بررسی کشت مخلوط، کشت مخلوط کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با کنجد و ماش (*Vigna radiata* L. R. Wilczek.) مقدار LER در تمام تیمارها بالاتر از یک بود که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد و نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است (Rastgoo *et al*., 2015).

نتیجه‌گیری

بین دو تیمار مصرف ۲۵ و ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مورد اکثر صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این امر احتمالاً به‌دلیل تأمین بخشی از نیاز گیاه به نیتروژن از طریق همزیستی گیاه نخودفرنگی با رایزوبیوم مربوط بود. از بین دو گیاه نخودفرنگی و کاهو، کاهو با وجود تراکم کمتر عملکرد بیشتری تولید کرد. تولید بیشتر کاهو را می‌توان به نوع ویژگی ژنتیکی گیاه، قسمت برداشت‌شده و وزن بوته کاهو نسبت داد. تیمار کشت مخلوط افزایش ۱۰۰درصد کاهو به نخودفرنگی و کشت خالص کاهو حداکثر عملکرد و تیمار کشت خالص نخودفرنگی حداقل عملکرد را تولید کردند. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد هر دو گیاه افزایش یافت. بیشترین و کمترین عملکرد به‌ترتیب از تیمارهای مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به‌دست آمد. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار افزایشی ۱۰۰درصد کاهو به نخودفرنگی بود. بنابراین، از نظر نسبت برابری زمین، کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو مناسب بود.

منابع

1. Achakzai, A.K.K., and Bangulzai, M.I. 2006. Effect of various levels of nitrogen fertilizer on the yield and yield attributes of pea (*Pisium sativum* L.) cultivars. Pakistan Journal of Botany 38(2): 331-340.
2. Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy 25(3): 202-207.
3. Ahlawat, I.P.S., and Gangaiah, B. 2010. Effect of land configuration and irrigation on sole linseed (*Linum usitatissimum*) intercropped chickpea (*Cicer arietinum*). Indian Journal of Agricultural Science 80(3): 250-253.
4. Ahmadvand, G., and Hajinia, S. 2015. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7(4): 485-498. (In Persian with English Summary).
5. Ali, L., Uddin, Q., and Ali, M. 2003. Effect of different doses of nitrogen fertilizer on the yield of wheat. International Journal of Agriculture and Biology 5(4): 438-439.
6. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(3): 383-397. (In Persian with English Summary).
7. Amoli, N. 2012. Investigation on yield of lettuce and garlic intercropping in rice harvested lands. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(9): 573-577.
8. AOAC 'Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists'. 2003. (17th ed. 2nd revision) AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
9. Banik, P., Mydia, A., Sarkar, B.K., and Ghose S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping system in an additive series experiment: Advantage and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-333.
10. Baser Kouchebagh, S., Mirshekari, B., and farahvash, F. 2012. Improvement of corn yield by seed biofertilization and urea application. World Applied Sciences Journal 16(9): 1239-1242.
11. Bedoussac, L., and Justes, E. 2010. Dynamic analysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat-winter pea intercrop. Journal of Plant and Soil 330(1-2): 37-54.
12. Biabani, A. 2008. Effect of planting patterns (row spacing and plant to plant in row) on the green yield pea garden (*Pisum sativum* var. Shamshiri). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15(5): 39-43.
13. Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(3): 369-377. (In Persian with English Summary).

14. Darbaghshahi, M.N., Banitaba, A., and Bahari, B. 2012. Evaluating the possibility of saffron and chamomile mixed culture. African Journal of Agricultural Research 7(20): 3060-3065.
15. Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2009. Intercropping of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) as whole crop forage: Effect of different planting pattern on total dry matter production and maize forage quality. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 37(2): 152-155.
16. Fernandez Aparicio, M., Sillero, J.C., and Rubials, D. 2007. Intercropping with cereals reduces infection by orobanche crenata in legumes. Crop Protection 26: 1166-1172.
17. Gill, S., Abid, M., and Azam, F. 2009. Mixed cropping effects on growth of wheat (*Triticum aestivum L.*) and chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Botany 41(3): 1029-1036.
18. Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M.R., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. Journal of Pajouhesh va Sazandegi 16(2): 60-67. (In Persian with English Summary).
19. Koocheki, A., and Soltani, A. 1998. Agriculture in Dry Lands, Principles and Practices. Agricultural Education Publish. 287p. (In Persian with English Summary).
20. Koocheki, A., Zarghani, H., and Norooziyan, A. 2016. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus*) under different Intercropping arrangements. Iranian Journal of Field Crops Research 14(2): 226-243. (In Persian with English Summary).
21. Maffei, M., and Mucciarelli, A. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.
22. Morgado, L., and Willey, R.W. 2003. Effects of plant population and nitrogen fertillizer on yield and efficiency of maize-bean intercropping. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 38(11): 1257-1264.
23. Mushagalusa, G.N., Ledent J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.
24. Najafi, S., and Keshtehgar, A. 2014. Effect of intercropping on increase yield. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 8(5): 549-552.
25. Nazari, Sh., Zaefrian, F., Farahmandfar, E., Zand, E., and Azimi Sooran, S. 2014. Effect of harvest time on forage yield and quality maize under intercropping with legume plants. Iranian Journal of Field Crops Research 12(2): 237-245. (In Persian with English Summary).
26. Palta, J.A., Nandwal, A.S., Kumari, S., and Turner, N.C. 2005. Foliar nitrogen applications increase the seed yield and protein content in chickpea (*Cicer arietinum* L.) subject to terminal drought. Australian Journal of Agricultural Research 56(2): 105-112.
27. Panbekar, N. A., Dastan, S., Yadi, R., and Shahidifar, A. 2014. Effect of nitrogen splitting and planting row Space on yield and yield components in faba bean (*Vicia faba* L.) Barkat cultivar. Journal of Crop Production Research 6(4): 341-355. (In Persian with English Summary).
28. Raei, Y., Bolandnazar, S. A., and Dameghsi, N. 2011. Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 131-142. (In Persian with English Summary).
29. Ramroodi, M., Galavi, M., and Nakhzari Moghaddam, A. 2008. Evaluation of yield and yield components of some lentil genotypes to different planting dates. Agricultural Research (Water, Soil & Plant in Agriculture) 8(2): 69-77. (In Persian with English Summary).
30. Rastgoo, S., Aynehband, A., and Fateh, E. 2015. Competitiveness of sesame and mung bean crops in both monocropping and intercropping systems. Journal of Agroecology 7(3): 356-367. (In Persian with English Summary).
31. Sarmadnia, Gh., and Koocheki, A. 2013. Physiology of Crop Plants. University of Mashhad Press, 400p. (In Persian with English Summary).
32. Yazdi-Samadi, B., Peighambari, S. A., and MajnounHosseini, N. 2001. Effect of application of nitrogen and phosphorus fertilizers on agronomic traits of lentil in Karaj region. Iranian Journal of Agricultural Scienes 32(2): 415-423. (In Persian with English Summary).
33. Yildirim, E., and Turan, M. 2013. Growth, yield and mineral content of broccoli intercropped with lettuce. Journal of Animal and Plant Sciences 23(3): 919-922.
34. Zarifpour, N., Naseri. M. T., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Evaluate the effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristics of species. Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 34-43. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 171-181 (Research Article)

The effect application of nitrogen levels and intercropping ratios of pea (*Pisum sativum*) and lettuce (*Lactuca sativa*)

Raftari[1]*, E., Nakhzari Moghaddam[2], A., Mollashahi[2], M. & Hosseini Moghaddam[2], H.

1. MSc. of Agroecology, Department of Agrotechnology, University of Gonbad Kavoos
2. Assistant Professor, Department of Agrotechnology, University of Gonbad Kavoos
(a_nakhzari@yahoo.com; m_mollashahi@yahoo.com; hhm548@ yahoo.com; respectively)

Received: 3 July 2017
Accepted: 7 October 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.65544

Introduction

The practice of growing two or more crops simultaneously in the same field is called intercropping and it is a common feature in traditional farming of small landholders. It provides farmers with a variety of returns from land and labour, often increases the efficiency with which scarce resources are used and reduces the failure risk of a single crop that is susceptible to environmental and economic fluctuation. This approach is increasing agricultural production per unit area by growing more than one crop in a year. Intercropping will be successful when competition for sources is less than competition within a species. Plants in the mixture can be chosen in a way that a species benefits from environmental changes caused by other species in mixed cultures directly. Intercropping inhibits the growth and development of weeds and leads to increased production. Since the system will reduce the pesticide use, environmental pollution will be also less proportionally. According to studying the intercropping of peas and lettuce in Gonbad Kavous despite the lack of need for the plant to irrigate and harvest earlier and unloading earlier land for cultivation next, objectives of the present study were to study the effect of nitrogen fertilizer and planting ratios mixture two plants on the performance of the plant, LER and some qualitative and quantitative characteristics of the pea.

Materials & Methods

In order to study the effect of nitrogen rates and planting patterns of pea and lettuce on quality and quantity of green pea seeds, a factorial layout based on a Randomized Complete Block Design was conducted with three replications at Gonbad Kavous University during 2014-2015 growing season. The treatments of planting pattern were included 9 levels of sole pea, 67% pea + 33% lettuce, 50% pea + 50% lettuce, 33% pea + 67% lettuce, 100% pea + 33% lettuce, 100% pea + 50 % lettuce, 100% pea + 67% lettuce, 100% pea + 100% lettuce and sole lettuce and nitrogen factor was included three levels of non-application and application of 25 and 50 kg N/ha. Row spacing was 30cm. Density of pea was 33.3 plants/m^2 and lettuce was 16.7/m^2. For analysis variance of data software of SAS Ver.9.1.3 were used and treatment mean differences were separated by the least significant difference (LSD) test at the 0.05 probability level.

Results & Discussion

The results showed that planting patterns and nitrogen rates had significant effect on plant eight, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, seed weight per plant, pods weight per plant, protein percent, solution carbohydrate percent and total yield. Plant eight in additive intercropping was more than replacement intercropping but number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, seed weight per plant and pods weight per plant in replacement treatments and sole cropping of pea was more than additive treatments. Protein percent in sole cropping of pea and replacement intercropping of 67% lettuce instead of pea was greater than other treatments. At least percent of protein obtained from additive intercropping and replacement intercropping of 50 and 67% lettuce instead of pea. Solution carbohydrate percent in replacement intercropping of 67% lettuce instead of pea and additive intercropping of 100% pea + 67% lettuce and additive intercropping of 100% pea + 100% lettuce was more than other treatments. However, plant yield of pea in treatment of 67%

***Corresponding Author:** raftarielham70@yahoo.com

lettuce and 33% pea and 50% lettuce and 50% pea with 30.25 and 27.44 respectively, was greater than other treatments. Land equivalent ratio in intercropping treatments was greater than sole cropping. The maximum land equivalent ratio with 1.48 belonged to additive intercropping of 100% pea + 100% lettuce. Therefore, intercropping of pea and lettuce especially in additive series was appropriate.

Conclusion

Of the two plants of pea and lettuce, lettuce plant produced more yield than pea plant in all treatments. Additive treatment of 100% lettuce to pea and lettuce sole crop with 61565 and 61473 kg/ha produced the maximum yield and pea sole crop with 11759 kg/ha produced the minimum total yield. With increasing of nitrogen fertilizer consumption, yield was increased. Protein percent in sole cropping of pea and replacement intercropping of 67% lettuce instead of pea was greater than other treatments.

Keywords: Intercropping, Percent protein, Replacement cropping, Soluble carbohydrates